

F1

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-52546

(43)公開日 平成5年(1993)3月2日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 B 21/30

H 0 1 J 37/28

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7617-2F

Z 9069-5E

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-215388

(22)出願日 平成3年(1991)8月27日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 高橋 淳一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 堀口 浩幸

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 尾崎 元美

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

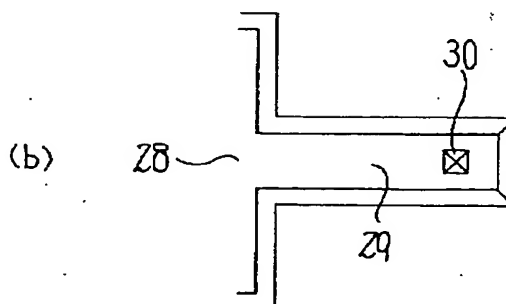
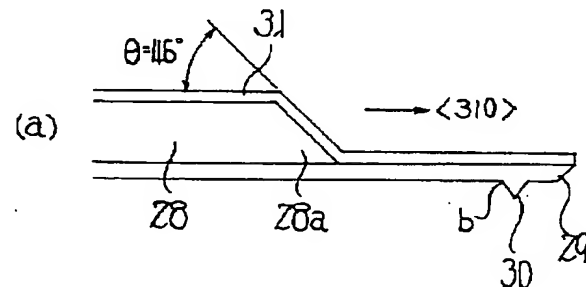
(74)代理人 弁理士 柏木 明

(54)【発明の名称】 形状測定スタイラス

(57)【要約】

【目的】 片持梁に形成される突起部を常に定形の形状となるように形成することができると共に、形状測定時の調整が容易でその測定誤差が少ない形状測定スタイラスを提供する。

【構成】 単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部28と、単結晶Si基板をエッチングすることにより固定部28に一端が支持された片持梁29とからなる形状測定用スタイラスにおいて、固定部28を{110}面方位の単結晶Si基板により形成し、この単結晶Si基板の結晶軸異方性エッチングを行うことにより固定部端面と片持梁29とが垂直となるように形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を{110}面方位の単結晶Si基板により形成し、この単結晶Si基板の結晶軸異方性エッチングを行うことにより前記固定部端面と前記片持梁とが垂直となるように形成したことを特徴とする形状測定スタイラス。

【請求項2】 単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持され片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を{110}面方位の単結晶Si基板により形成し、前記固定部の異方性エッチングを行うことにより前記片持梁と接続される前記固定端を垂直端面に形成したことを特徴とする形状測定スタイラス。

【請求項3】 単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持され片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記片持梁を{100}面方位の単結晶Si基板により形成し、前記片持梁の一面に<310>軸方向にアライメントされた正方形のマスキングフィルムを配置した状態で結晶軸異方性エッチングを行うことによりその片持梁の面上に前記<310>軸方向と平行な方向に底面を有する四角錐形状の突起部を形成し、この突起部の形成された前記片持梁の反対側の面に光反射膜を形成したことを特徴とする形状測定スタイラス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、SFM(Scanning Force Microscopy)用の探針等に用いられる形状測定用スタイラスに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来における形状測定用スタイラスの第一の従来例を図9及び図10に基づいて説明する。図9は、そのスタイラスの作製プロセスを示すものである。まず、{100}面方位をもつSi単結晶基板1上に酸化Si等の膜2をマスキング材料として形成し、その膜2の表面において結晶軸異方性エッチングを行うことによりピラミッド状の凹み3を設ける(a)。次に、その凹み3を含む全面に渡ってSi₃N₄膜4を積層した後、フォトリソエッチングを行うことにより穴5を設けこれにより片持梁6を形成する(b)。次に、Si₃N₄膜4上にガラス7を陽極結合により接合する(c)。次に、そのガラス7の一部を機械的ダイシングソーにより切断した後、Si₃N₄膜4のある面と反対側の面からSi₃N₄膜4を浸さずSi単結晶基板1のみをエッチングするエッチャントによりそのSi単結晶基板1のみを完全に除

去する(d)。次に、ガラス7の形成された面側から光反射膜となる金属膜8をデポジションする(e)。このような一連のプロセスにより、片持梁6の先端部に突起9をもつSFM用のスタイラスを形成することができる。この場合、スタイラスは、ガラス7からなる基板と反対側に突起9が形成されているため、被測定サンプル表面にその突起9を近づける際に、その突起9以外のものがサンプル表面と衝突するようなことがなく、測定がしやすくなる。

【0003】 図10(a)～(c)は、測定例を示すものである。(a)では突起9をサンプル面10に接触させた状態で、電極棒11を用いて電流計12により電流量を測定することにより、また、(b)ではレーザ光源13からのレーザ光を光ファイバ14を介して片持梁6の面上に照射させた後、その反射光をビームスプリッタ15により分離して光センサ16により検出することにより、さらに、(c)ではレーザ光源13から出射されたレーザ光を光ファイバ14を介して片持梁6の表面に照射させた後、その反射光を2分割された光センサ17により検出し、差動アンプ18を用いて算出することにより、サンプル面10と突起9との間に生じる力を測定することができる。

【0004】 次に、図11は形状測定用スタイラスの第二の従来例を示すものであり、単結晶P型Siの異方性エッチングを行うことにより傾斜面をなした固定端19aを有する固定部19を形成し、また、その固定端19aに単結晶n型Siの片持梁20を形成する。そして、その片持梁20の先端に穴21を設け、この穴21を型としてPt22を埋め込むことにより、穴21の形状に沿って凹んだピラミッド状の突起22aを形成する。

【0005】 ここで、上述した2つの従来例の各利点を整理して述べておく。まず、第一の従来例の利点について述べる。その第1として、突起9が固定端となるガラス7の基板の反対側に突出しているため、測定の際に先端以外の部分が被測定サンプル表面に接触するようなことがなく、測定しやすいものとなる。その第2として、突起9を作る工程が比較的単純で再現性がある。その第3として、突起9の形状が対称で常に同じ形状にできあがる。従って、測定時において、測定データに対する突起形状の影響を決定することが容易となり、この影響を計算により除去することができる。その第4として、突起9のピラミッドの壁面がなめらかに出来上がる。このため、被測定サンプルの表面が著しく荒れてその突起壁面がサンプル表面に接触してしまったような場合でも、摩擦が小さくなめらかに滑っていき、これにより測定が途中で不可能となる可能性が少ない。

【0006】 次に、第二の従来例の利点について述べる。その第1として、陽極接合がないため工程が簡素化され容易なものとなる。その第2として、固定端19a、突起22a、片持梁20及びその形状の関係は、位

置決め精度の極めて高いマスクアライナーにより決定できるため、設計値通りの再現性の良いスタイラスが作製可能となる。その第3として、片持梁20の外形が形成されてから基板がエッチャントにさらされるのは、突起22aと固定部19の一部である。この場合、Pt22は数千Å、固定部19のP型エピ層は10μmであるから、そのエッチング時間は従来の300μmのSiエッチングに比べて著しく短い時間である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】まず、図9及び図10に示すような第一の従来例の場合、以下に述べるような問題がある。その第1として、陽極接合の工程が複雑である。接合直前にSi₃N₄4を1100°C、4h、蒸気中でアニールし、400VDC、475°C、4hで陽極接合しなければならない。その第2として、ガラス7の基板端面とSi₃N₄4による片持梁6の設計上の固定端とを一致させることが困難である。すなわち、両者のアライメントは陽極接合時に行う必要があり、高精度の装置を作ることが難しい。また、ガラス7をダイシングソーで切断する場合も、チップング（切断面と表面の角部分がかたまりのまま欠けて飛んでいくこと）により切断面がガタガタになり、片持梁6と固定端となるガラス7の端面が直線にならない。このため、片持梁20の特性が設計値通りにならない。その第3として、Si基板は通常300~500μmの厚みを持っており、そのSi基板をエッチングして片持梁6を形成するためには数時間を必要とし、この間、片持梁6となる部分はずっとエッチャントにさらされることになる。従って、この間に片持梁6の材料の劣化、形状変化、流体の力による破壊等が起こる確率は非常に高いものとなる。その第4として、特に、図10(c)に示すように、光テコ法に使用した場合、固定端19aがcantileverに対して垂直に立っているため、レーザ光がこれによって蹴られる。この場合、光ファイバ14により光を導いているが、実際にはcantileverの長さがせいぜい数百μmなので、この図10のように光ファイバ14を配置することは困難である。その第5として、Si₃N₄4の薄膜がcantileverの材料となっていて、これがパイレックスガラス上に陽極接合法により接合されている。しかし、両者の線温度膨張率が異なるため、周囲の温度変化に伴ってcantileverが反ってしまう。上述したように従来においては、最終的に片持梁6を第二の基板ここではガラス7に移し変える工程が入るため、工程が複雑化し、歩留りが低下することになる。

【0008】そこで、今、その工程が複雑化し、歩留りが低下する具体例を図12~図14に基づいて説明する。まず、図12(a)(b)に示すように、{100}面のSi基板23に<110>軸方向にマスキングフィルム24のパターンをアライメントして形成し、この状態で結晶軸異方性エッチングを行う。次に、そのエ

ッチングがしばらく進行すると、図13(a)(b)に示すように、凹み25が形成されていく。この凹み25の底面の部分では直角のコーナーができるが、角aにおいてはその部分がどんどんエッチングされて後退していく。そして、さらにエッチングが進むと、図14(a)(b)に示すように、凹み25は逆ピラミッド型となり、また、角aにおいてもさらにエッチングが進んで後退する。従って、このようなことから、ピラミッド型の先端を形成するために、図15に示すようなマスキングフィルム26を用いて異方性エッチングを行っても、結果として得られる形状は、図16に示すような突起27の底面bの部分において角aのとれた形状となる。このように底面bにおいて角aがとれたような形状となるということは、ピラミッド形状のように常にはっきりとした定形の形状に作製することができないという問題がある。

【0009】また、角を90°に仕上げる方法としては、図17に示すように、マスキングフィルム26のパターンの角に補償パターン26aを作製する方法もある。しかし、このような方法でも、エッチングの深さが深くなると補償しきれなくなり、最終的には図14(c)の形状を経て図16(b)のような形状となってしまうことになる。

【0010】そこで、従来においては、図9に示すように、単結晶Si基板1に凹み3を形成し、この表面に例えばSi₃N₄4のような梁材料となる膜を積層してレプリカを作ることにより、正確な形状をもつピラミッド状の突起9の形成を行っているわけである。しかし、このような工程により作製しても、前述したように工程が複雑化し、歩留りが低下するという問題がある。

【0011】また、図11に示す第二の従来例の場合、次に述べるような問題がある。すなわち、突起22aとなるPt22は、Siの異方性エッチングされる穴21のレプリカとして形成されるため、その穴21の形状に沿ってPt膜の表面は凹んだ形となる。レーザ光を導入する場合、レーザ光がその凹みに入射すると、光が散乱されて測定ができなくなる恐れがある。また、片持梁20の運動を正確に測定するためには、できるだけ先端に近い部分でなければならないが、その分、レーザ光の片持梁20へのレーザ光照射位置の調整が難しくなる。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を{110}面方位の単結晶Si基板により形成し、この単結晶Si基板の結晶軸異方性エッチングを行うことにより前記固定部端面と前記片持梁とが垂直となるように形成した。

【0013】請求項2記載の発明では、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を{110}面方位の単結晶Si基板により形成し、前記固定部の異方性エッチングを行うことにより前記片持梁と接続される前記固定端を垂直端面に形成した。

【0014】請求項3記載の発明では、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記片持梁を{100}面方位の単結晶Si基板により形成し、前記片持梁の一面に<310>軸方向にアライメントされた正方形のマスキングフィルムパターンを配置した状態で結晶軸異方性エッチングを行うことによりその片持梁の面上に前記<310>軸方向と平行な方向に四角錐形状を有する突起部を形成し、この突起部の形成された前記片持梁の反対側の面に光反射膜を形成した。

【0015】

【作用】請求項1記載の発明においては、固定部と片持梁とは同一のSi材料により形成されており両者の温度線膨張係数の差による測定誤差が少なく、接合作業も簡単に行うことが可能となり、しかも、接合部は垂直とされているため、固定端の剛性を高めることができる。

【0016】請求項2記載の発明においては、固定端を{110}面のSiを結晶軸異方性エッチングを行うことにより垂直端面に形成しているため、その固定端断面が直線となり片持梁の固定位置を明確に規定することができ、しかも、固定端の剛性を高めることができる。

【0017】請求項3記載の発明においては、ピラミッド型の突起部をその底面が<310>軸方向に平行にした状態でエッチングしているため、これにより形成される突起部はピラミッド状の常に一定の輪郭をもった形状にすることが可能となり、しかも、その突起部の反対側の面は凹んでいないため、梁振動検出用のレーザー光がその凹みにより散乱されることがなく、測定時の調整が非常に容易となる。

【0018】

【実施例】請求項3記載の発明の第一の実施例を図1～図4に基づいて説明する。本実施例は、図1に示すように、固定部28と、この固定部28の固定端28aに一端が支持された片持梁29とを備えた形状測定用スタイラスに関するものである。

【0019】この場合、前記片持梁29は単結晶n型Siにより形成され、その面方位は{100}面であり、その辺は<310>軸方向にアライメントされている。また、その片持梁29の先端には下方に向けてピラミッド状の突起部30が形成されている。この突起部30の

底面は<310>軸方向にアライメントされている。さらに、固定部28は単結晶P型Siにより形成されており、その固定端28aには $\theta=46^\circ$ 後退角をもった傾斜面が形成されている。さらにまた、突起部30の形成されている面と反対側の面には光反射のための光反射膜としての白金膜31(Pt)が形成されている。

【0020】ここで、片持梁29にピラミッド状の突起部30を形成する方法を図2及び図3に基づいて説明する。図2(b)に示すような{100}面方位のSi基板32上に、図2(a)に示すような<310>軸方向にアライメントした正方形のマスキングフィルム33のパターンを形成する。このようにマスキングフィルム33を配置した状態で、結晶軸異方性エッチングを行うことにより、図3(a)(b)に示すようなピラミッド状の突起部30を形成することができる。この突起部30は、<310>軸方向と平行な方向に底面bを有する四角錐形状をなしている。このように底面bの4つの角aが後退せず完全な直角を保ったままの状態でのエッチングが進んでいき、角くずれのない正確なピラミッド形状を完成させることができる。従って、このように作製された突起部30は、前述した第二の従来例(図12参照)のように突起22aが穴21のレプリカとして作製されていないため、その突起部30の反対側の面は凹んでおらず、これによりその第二の従来例のようにレーザー光が凹みに当たって散乱されるということがないため、形状測定時の調整が非常に容易なものとなり、しかも、この場合、前述したような従来技術の利点も保持したままの状態であることができる。

【0021】次に、本実施例の作製プロセスを図4に基づいて説明する。まず、P型Si34の基板を用意する(a)。この場合、厚さは300 μ mで、その抵抗値は中抵抗(1~50 Ω cm)位とし、両面が鏡面研磨されたものがよい。次に、そのP型Si34の片面にn型Si35の不純物をドーピングする(b)。その拡散深さは、約1 μ m位とし、その抵抗値は1~50 Ω cmとする。次に、最表面の熱酸化を行い、両面に熱酸化膜36(SiO₂)を約1 μ m形成する(c)。次に、n型Si35の側の熱酸化膜36をフォトリソエッチングSi結晶軸の異方性エッチングを行い一部を除去する

(d)。この場合、そのエッチング深さが梁の形状を決定する。その後、n型Si35の拡散層をつき抜けるまで異方性エッチングを行う。次に、ピラミッド状の突起を形成するためのマスキングフィルム33(SiO₂)をフォトリソエッチングにより形成し、これと同時にその裏面側の熱酸化膜36の一部を除去する(e)。その除去された境界部分が固定端の位置を決定することになる。次に、マスキングフィルム33の形成された面側をプロテクトワックス37を塗布した後、その反対側に形成された熱酸化膜36のパターンをマスキングフィルムとして電気化学エッチングを行う(f)。次に、異方性

エッチングからP型Si34を守るために白金31を蒸着する(g)。次に、マスキングフィルム33の配置された側からSi結晶軸異方性エッチングを行う(h)。この時、マスキングフィルム33は、 $\langle 310 \rangle$ 軸方向にアライメントされているため、ピラミッド状の突起部30が形成される。従って、これにより、固定部28と、その固定端28aに固定された片持梁29と、突起部30とを作製することができ、その突起部30は前述したように(図3参照)その底面bの角aはくずれず常に定形の形状なして形成される。

【0022】次に、請求項3記載の発明の第二の実施例を図5に基づいて説明する。前述した第一の実施例では、 $\{100\}$ 面の片持梁29上に $\langle 310 \rangle$ 軸方向にアライメントしたマスキングフィルム33を配置して異方性エッチングを行うためこれより形成される突起部30の底面bの4つの角aは直角に仕上がるが、マスキングフィルム33下の基板エッチング(いわゆるアンダーカット)が進む。このため、梁の寸法が精度良く仕上がらなくなる。これを防ぐために、本実施例では、片持梁29の辺を $\langle 110 \rangle$ 軸方向に形成し、突起部30の形成される底面bの領域は $\langle 310 \rangle$ 軸方向に形成したものであり、これにより梁の寸法を精度良く保つことが可能となる。

【0023】次に、請求項1、2記載の発明の一実施例を図6～図8に基づいて説明する。ここでは、固定部38を $\{110\}$ 面方位の単結晶Si基板により形成し、その固定部38の異方性エッチングを行うことによりその固定端38aを垂直端面に形成したものである。また、その固定端38aには $\{100\}$ 面方位のn型Siからなる片持梁39が接続されており、その梁の先端にはモリブデン(Mo)等の高融点金属からなる突起部40が形成されている。

【0024】そこで、本実施例の作製プロセスを図7及び図8に基づいて説明する。図7(a)～(c)は前述した第一の実施例の作製プロセス図4(a)～(c)と同じなのでその説明は省略する。その後、片持梁39と突起部40の先端形状とを決定する熱酸化膜36のパターンを形成する(d)。次に、Si結晶軸の異方性エッチングを下層のP型Si34の領域まで行う(e)。次に、熱酸化膜36を除去した後、Mo41の蒸着、パターニングを行う(f)。

【0025】次に、図8において、 $\{110\}$ 面方位のSi基板42を用意し、この表面を熱酸化し、 $\langle 112 \rangle$ 軸に平行なストライプパターンの熱酸化膜(SiO₂)43を形成する(a)。次に、Si結晶軸異方性エッチングを行う(b)。この場合、結晶軸の方位の関係で、垂直にエッチングされた断面44が形成される。次に、熱酸化膜43を除去する(c)。

【0026】次に、図7において、図7(f)と図8(c)との部材を重ねて、Si-Si接合を行う

(g)。この場合、両方の部材の表面(鏡面研磨済み)を親水性処理をした後、貼り合わせ、 1000°C 、 N_2 中でアニールして接合する。次に、表面にプロテクトワックス45を塗り、裏面側から電気化学エッチングを行い、P型Si34のエッチングを行い、梁部分に相当するn型Si35を残す(h)。次に、プロテクトワックス45を除去することにより、図6に示すような固定端38aが垂直にエッチングされたスタイラスを作製することができる(i)。従って、上述したように固定端38aを異方性エッチングにより垂直の断面に形成しているため、その固定端38aが直線となり、これにより片持梁39の固定位置が明確に規定することができる。しかも、この場合、片持梁39と固定部38との材料が同じSiの材料により作製されているため、温度線膨張係数の差による測定誤差を極力小さくすることができ、さらに、接合時の電圧印加が不要となり、接合作業が簡単に行える。なお、突起部40の材料としては、Moの他に高融点で電気化学エッチングのエッチャントに浸されないものであれば何でもよい。

【0027】

【発明の効果】請求項1記載の発明は、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を $\{110\}$ 面方位の単結晶Si基板により形成し、この単結晶Si基板の結晶軸異方性エッチングを行うことにより前記固定部端面と前記片持梁とが垂直となるように形成したので、固定部と片持梁とは同一のSi材料により形成されており両者の温度線膨張係数の差による測定誤差が少なく、接合作業も簡単に行うことができ、しかも、接合部は垂直とされているため、固定端の剛性を高めることができるものである。

【0028】請求項2記載の発明は、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記固定部を $\{110\}$ 面方位の単結晶Si基板により形成し、前記固定部の異方性エッチングを行うことにより前記片持梁と接続される前記固定端を垂直端面に形成したので、その固定端断面が直線となり片持梁の固定位置を明確に規定することができ、しかも、固定端の剛性を高めることができるものである。

【0029】請求項3記載の発明は、単結晶Si基板をエッチングすることにより形成した固定部と、前記単結晶Si基板をエッチングすることにより前記固定部に一端が支持された片持梁とからなる形状測定用スタイラスにおいて、前記片持梁を $\{100\}$ 面方位の単結晶Si基板により形成し、前記片持梁の一面に $\langle 310 \rangle$ 軸方向にアライメントされた正方形のマスキングフィルムバ

ターンを配置した状態で結晶軸異方性エッチングを行うことによりその片持梁の面上に前記<310>軸方向と平行な方向に四角錐形状を有する突起部を形成し、この突起部の形成された前記片持梁の反対側の面に光反射膜を形成したので、このようにして形成される突起部はピラミッド状の常に一定の輪郭をもった形状にすることが可能となり、しかも、その突起部の反対側の面は凹んでいないため、梁振動検出用のレーザ光がその凹みにより散乱されることがなく、測定時の調整を非常に容易なものとするができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) は請求項3記載の発明の第一の実施例を示す側面図、(b) はその底面図である。

【図2】 (a) はマスクングフィルムの正面図、(b) はそのマスクングフィルムを基板上に載置した様子を示す側面図である。

【図3】 (a) はエッチングにより形成された突起部の形状を示す上面図、(b) はその側面図である。

【図4】 図1の作製プロセスを示す工程図である。

【図5】 請求項3記載の発明の第二の実施例を示す底面図である。

【図6】 請求項1、2記載の発明の一実施例を示す側面図である。

【図7】 図6の作製プロセスを示す工程図である。

【図8】 固定部を作製する工程を示す工程図である。

【図9】 第一の従来例を示す工程図である。

【図10】 第一の従来例の具体的な測定例を示す構成図

である。

【図11】 第二の従来例を示す側面図である。

【図12】 (a) はマスクングをした状態でのエッチング前の様子を示す平面図、(b) はそのA-A側面図である。

【図13】 (a) はマスクングをした状態でのエッチング途中の様子を示す平面図、(b) はそのA-A側面図である。

【図14】 (a) はマスクングをした状態でのエッチング後の様子を示す平面図、(b) はそのA-A側面図である。

【図15】 (a) はマスクングフィルムの正面図、

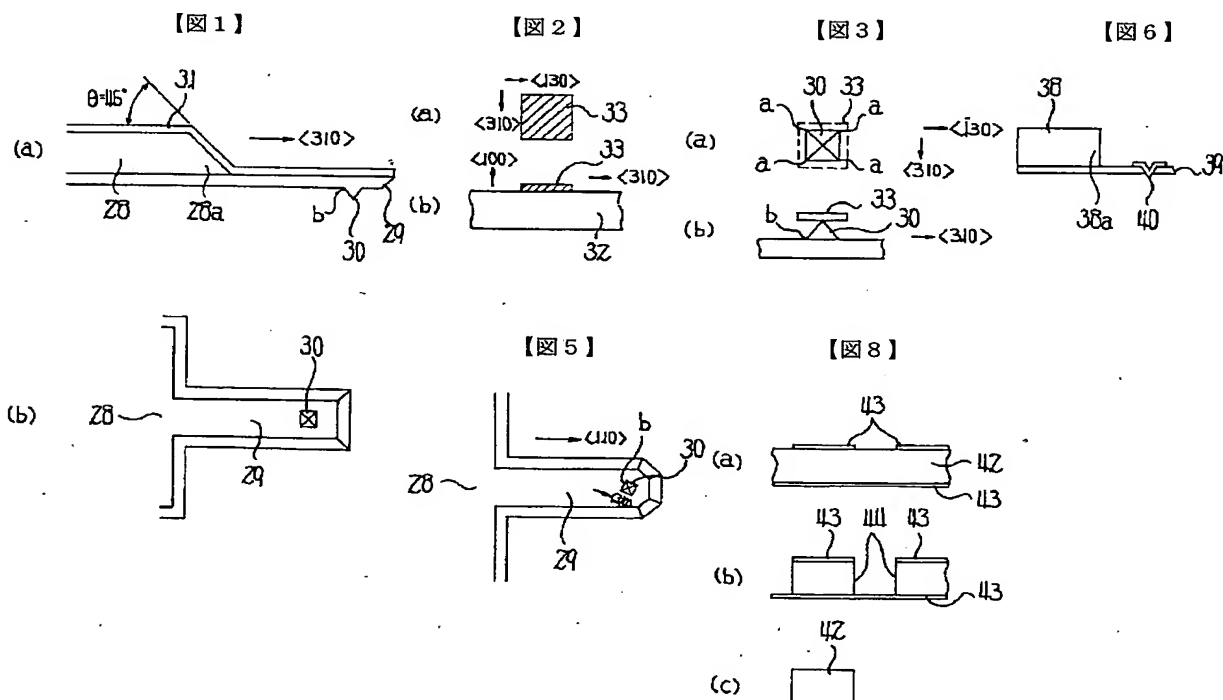
(b) はそのマスクングフィルムを基板上に載置した様子を示す側面図である。

【図16】 (a) はエッチングにより形成された突起部の形状を示す上面図、(b) はその側面図である。

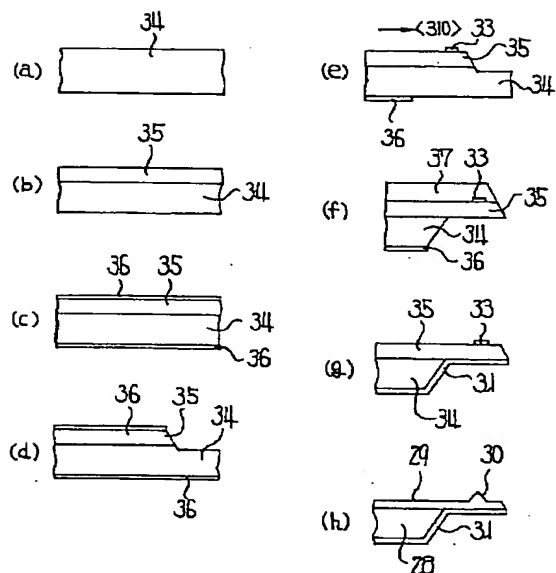
【図17】 マスクングフィルムのパターンの角に補償パターンを作製した様子を示す上面図である。

【符号の説明】

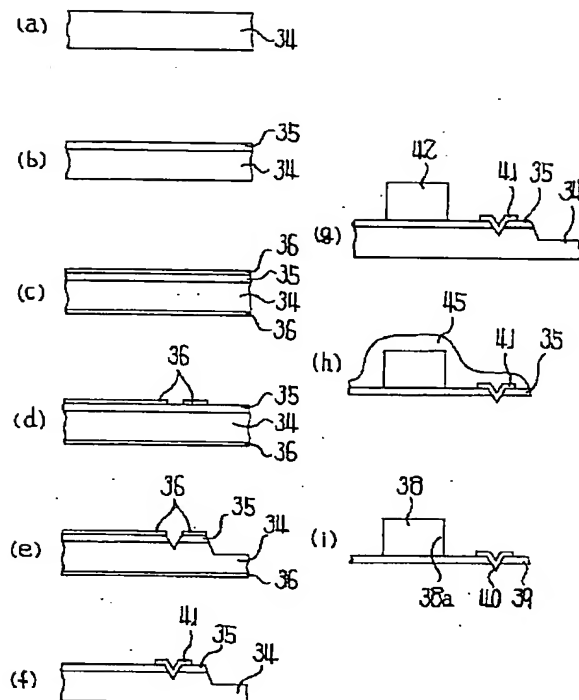
28	固定部
29	片持梁
30	突起部
38	固定部
39	片持梁
40	突起部
b	底面



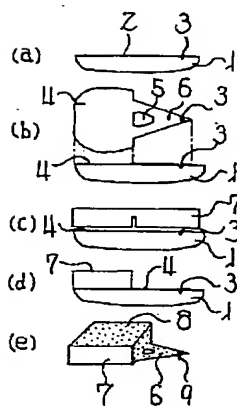
【図4】



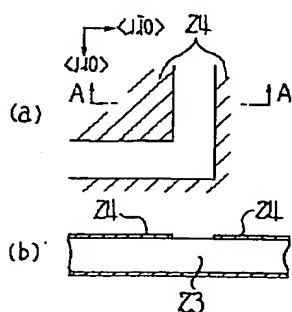
【図7】



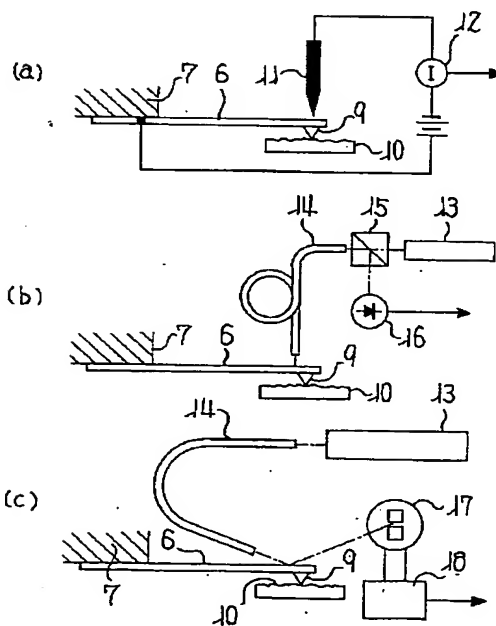
【図9】



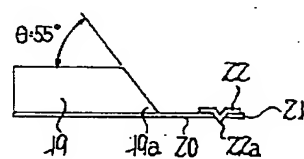
【図12】



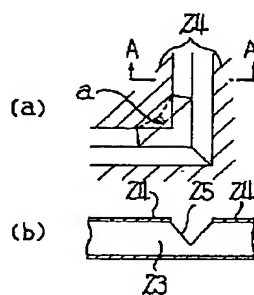
【図10】



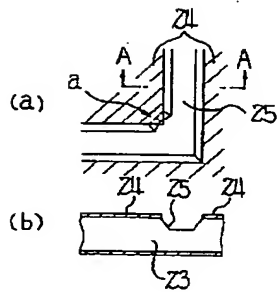
【図11】



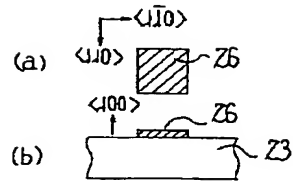
【図14】



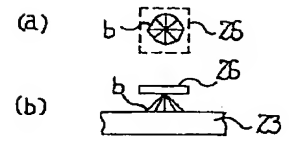
【図13】



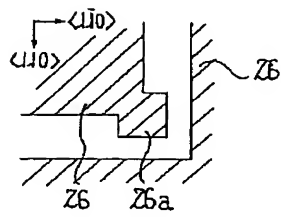
【図15】



【図16】



【図17】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-052546

(43)Date of publication of application : 02.03.1993

(51)Int.Cl.

G01B 21/30
H01J 37/28

(21)Application number : 03-215388

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 27.08.1991

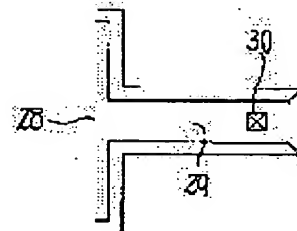
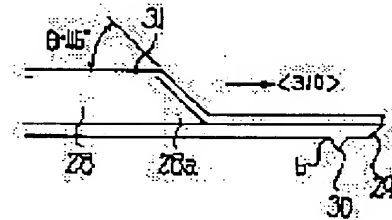
(72)Inventor : TAKAHASHI JUNICHI
HORIGUCHI HIROYUKI
OZAKI MOTOMI

(54) STYLUS FOR MEASURING SHAPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a stylus for measuring shape, of which a projecting part formed in a cantilever can always be made to have a definite shape and which is easy to adjust at the time of measurement of the shape and brings about small errors in measurement.

CONSTITUTION: In a stylus for measuring shape which is made up of a fixed part 28 formed by etching a single-crystal Si base and of a cantilever 29 formed by etching the single-crystal Si base and supported at one end by the fixed part 28, the fixed part 28 is formed of the single-crystal Si base having 110 plane orientation. By conducting etching being anisotropic in relation to the crystal axis of this single-crystal Si base, the fixed part and the cantilever 29 are formed so that the end face of this part and the cantilever are made vertical.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed by etching a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate The configuration measurement stylus characterized by having formed said fixed part with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and forming so that said fixed part end face and said cantilever may become vertical by performing crystallographic-axis anisotropic etching of this single crystal Si substrate.

[Claim 2] The configuration measurement stylus characterized by having formed said fixed part with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and forming in a vertical end face said fixed end connected with said cantilever by performing anisotropic etching of said fixed part in the stylus for configuration measurement to which an end becomes said fixed part from support **** and a cantilever the fixed part formed by etching a single crystal Si substrate, and by etching said single crystal Si substrate.

[Claim 3] In the stylus for configuration measurement to which an end becomes said fixed part from support **** and a cantilever the fixed part formed by etching a single crystal Si substrate, and by etching said single crystal Si substrate Said cantilever is formed with the single crystal Si substrate of {100} side bearing. The height of the rectangular-head drill configuration of having a base in the parallel direction is formed with the aforementioned <310> shaft orientations on the field of the cantilever by performing crystallographic-axis anisotropic etching in the condition of having arranged the masking film of the square by which alignment was carried out to the whole surface of said cantilever at <310> shaft orientations. The configuration measurement stylus characterized by forming the light reflex film in the field of the opposite hand of said cantilever in which this height was formed.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Industrial Application] This invention relates to the stylus for configuration measurement used for the probe for SFM (Scanning ForceMicroscopy) etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] The first conventional example of the stylus for configuration measurement in the former is explained based on drawing 9 and drawing 10. Drawing 9 shows the production process of the SUIRASU. First, the film 2, such as Oxidation Si, is formed as a masking material on Si single crystal substrate 1 with {100} side bearing, and the pyramid-like depression 3 is established by performing crystallographic-axis anisotropic etching in the front face of the film 2 (a). Next, after crossing all over including the depression 3 and carrying out the laminating of the Si₃N₄ film 4, by performing FOTORISO etching, a hole 5 is formed and this forms a cantilever 6 (b). Next, glass 7 is joined by anode coupling on Si₃N₄ film 4 (c). Next, after a mechanical dicing saw cuts a part of the glass 7, the etchant which does not dip Si₃N₄ film 4 from a field with Si₃N₄ film 4 and the field of an opposite hand, but etches only Si single crystal substrate 1 removes only the Si single crystal substrate 1 thoroughly (d). Next, deposition of the metal membrane 8 which turns into light reflex film from the field side in which glass 7 was formed is carried out (e). According to such a series of processes, the stylus for SFM which has projection 9 in the point of a cantilever 6 can be formed. In this case, since the projection 9 is formed in the substrate and opposite hand which consist of glass 7, in case a stylus brings that projection 9 close to a measured sample front face, measurement becomes easy to carry out it so that anythings other than that projection 9 may not collide with a sample front face.

[0003] Drawing 10 (a) - (c) shows the example of measurement. By measuring the amount of currents with an ammeter 12 using an electrode 11, where projection 9 is contacted to the sample side 10 in (a) Moreover, by a beam splitter's 15 separating the reflected light, and detecting with a photosensor 16, after making the laser beam from a laser light source 13 irradiate on the field of a cantilever 6 through an optical fiber 14 in (b) Furthermore, by the photosensor 17 carried out 2 ***s detecting the reflected light, and computing using the differential amplifier 18, after making the laser beam by which outgoing radiation was carried out irradiate the front face of a cantilever 6 through an optical fiber 14 from a laser light source 13 in (c) The force produced between the sample side 10 and projection 9 can be measured.

[0004] Next, drawing 11 shows the second conventional example of the stylus for configuration measurement, and forms the fixed part 19 which has fixed-end 19a which made the inclined plane by performing anisotropic etching of single crystal P type Si, and forms the cantilever 20 of the single crystal n mold Si in the fixed-end 19a. And pyramid-like projection 22a dented in accordance with the configuration of a hole 21 is formed by forming a hole 21 at the head of that cantilever 20, and embedding Pt22 by using this hole 21 as a mold.

[0005] Here, each advantage of two conventional examples mentioned above is arranged and described. First, the advantage of the first conventional example is described. Since the projection 9 projects in the opposite hand of the substrate of the glass 7 used as the fixed end as the 1st [the], it is easy to measure so that any parts other than a head may not contact a

measured sample front face in the case of measurement. As the 2nd [the], the process which makes projection 9 is comparatively simple, and it is reproducible. As the 3rd [the], the configuration of projection 9 is done in the symmetrical and always same configuration. Therefore, in the time of measurement, it becomes easy to determine the effect of a projection configuration to measurement data, and count can remove this effect. As the 4th [the], the wall surface of the pyramid of projection 9 is done smoothly. For this reason, even when the front face of a measured sample is remarkably ruined and that projection wall surface has contacted the sample front face, there is little possibility that friction will be smoothly slippery small and measurement of it will become impossible on the way by this.

[0006] Next, the advantage of the second conventional example is described. As the 1st [the], since there is no anode plate junction, a process is simplified and it will become easy. As the 2nd [the], since the very high mask aligner of positioning accuracy can determine the relation between fixed-end 19a, projection 22a, a cantilever 20, and its configuration, a stylus with the sufficient repeatability as a design value becomes producible. It is a part of projection 22a and fixed part 19 that a substrate is exposed to etchant as the 3rd [the] after the appearance of a cantilever 20 is formed. In this case, since thousands of A and the P type epilayer of a fixed part 19 of Pt22 are 10 micrometers, that etching time is remarkable short time amount compared with the 300-micrometer conventional Si etching.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] First, in the case of the first conventional example as shown in drawing 9 and drawing 10, there is a problem which is described below. The process of the anode plate junction as the 1st is complicated. Si3N44 must be annealed in 1100-degreeC, 4h, and a steam just before junction, and anode plate junction must be carried out by 400VDC, 475-degreeC, and 4h. As the 2nd [the], it is difficult to make in agreement the substrate end face of glass 7 and the fixed end on the design of the cantilever 6 by Si3N44. That is, it is difficult to perform both alignment at the time of anode plate junction, and to make the equipment of high degree of accuracy. Moreover, also when a dicing saw cuts glass 7, the end face of the glass 7 which a cutting plane becomes rickety by the chipping (be missing and fly while the amount of [of a cutting plane and a front face] corner has been a lump), and serves as a cantilever 6 and the fixed end does not become a straight line. For this reason, the property of a cantilever 20 does not become as a design value. In order for Si substrate to usually have the thickness of 300-500 micrometers, to etch the Si substrate as the 3rd [the] and to form a cantilever 6, several hours will be needed, and the part used as a cantilever 6 will be exposed to etchant all the time in the meantime. Therefore, the probability for degradation of the ingredient of a cantilever 6, configuration change, destruction by the force of a fluid, etc. to take place in the meantime will become very high. as the 4th [the], it is especially shown in drawing 10 (c) — as — optical TEKO — since fixed-end 19a stands vertically to cantilever when it is used for law, a laser beam is kicked by this. In this case, although light is drawn with the optical fiber 14, since the die length of cantilever is hundreds of micrometers at most actually, it is difficult [it] to arrange an optical fiber 14 like this drawing 10. As the 5th [the], the thin film of Si3N44 serves as an ingredient of cantilever, and this is joined by the anode plate conjugation method on Pyrex glass. However, since both numbers of line temperature dilatometers differ, cantilever will curve in connection with a surrounding temperature change. it mentioned above — as — the former — setting — final — a cantilever 6 — the second substrate — in order that the process moved and changed into glass 7 here may enter, a process will be complicated and the yield will fall.

[0008] Then, now, the process is complicated and the example to which the yield falls is explained based on drawing 12 - drawing 14. First, as shown in drawing 12 (a) and (b), alignment of the pattern of the masking film 24 is carried out, it is formed in the Si substrate 23 of {100} sides at <110> shaft orientations, and crystallographic-axis anisotropic etching is performed in this condition. Next, if the etching advances for a while, the depression 25 is formed as shown in drawing 13 (a) and (b). Although the corner of a right angle is made in the part of the base of this depression 25, in angle a, that part is etched rapidly and retreats. And if etching progresses further, as shown in drawing 14 (a) and (b), a depression 25 serves as an inverted pyramid, and also in angle a, etching will progress further and it will retreat. Therefore, since it is such, in

order to form the head of a pyramid mold, even if it performs anisotropic etching using the masking film 26 as shown in drawing 15, the configuration acquired as a result turns into the configuration where angle α was able to be taken in the part of the base b of projection 27 as shown in drawing 16. Thus, becoming the configuration which was able to take angle α in Base b has the problem that it is unproducible in the configuration of the fixed form always clearly carried out like a pyramid configuration.

[0009] Moreover, as an angle is shown in drawing 17 as the approach of making 90 degrees, the approach of producing compensation pattern 26a is also in the angle of the pattern of the masking film 26. However, when the depth of etching becomes deep, it will become impossible to be unable to compensate with such an approach, and it will become a configuration like drawing 16 (b) through the configuration of drawing 14 (c) eventually.

[0010] Then, in the former, as shown in drawing 9, a depression 3 is formed in the single crystal Si substrate 1, and the projection 9 of the shape of a pyramid with an exact configuration is formed in this front face by carrying out the laminating of the film used as a charge of a truss like Si₃N₄, and making a replica. However, even if it produces according to such a process, as mentioned above, a process is complicated and there is a problem that the yield falls.

[0011] Moreover, in the case of the second conventional example shown in drawing 11, there is a problem which is described below. That is, since Pt₂₂ used as projection 22a is formed as a replica of the hole 21 where anisotropic etching of the Si is carried out, in accordance with the configuration of the hole 21, the front face of Pt film serves as the form where it dented. When introducing a laser beam and a laser beam carries out incidence to the depression, there is a possibility that light may be scattered about and measurement may become impossible. Moreover, although it must be a part near at a head as much as possible in order to measure motion of a cantilever 20 to accuracy, adjustment of the laser beam exposure location to the cantilever 20 of the part and a laser beam becomes difficult.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In invention according to claim 1, in the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed by etching a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate, said fixed part was formed with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and by performing crystallographic-axis anisotropic etching of this single crystal Si substrate, it formed so that said fixed part end face and said cantilever might become vertical.

[0013] In invention according to claim 2, in the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed by etching a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate, said fixed part was formed with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and said fixed end connected with said cantilever was formed in the vertical end face by performing anisotropic etching of said fixed part.

[0014] In the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed by etching a single crystal Si substrate in invention according to claim 3, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate Said cantilever is formed with the single crystal Si substrate of {100} side bearing. The height which has a rectangular-head drill configuration in the parallel direction is formed with the aforementioned <310> shaft orientations on the field of the cantilever by performing crystallographic-axis anisotropic etching in the condition of having arranged the masking film pattern of the square by which alignment was carried out to the whole surface of said cantilever at <310> shaft orientations. The light reflex film was formed in the field of the opposite hand of said cantilever in which this height was formed.

[0015]

[Function] In invention according to claim 1, it is formed with Si ingredient with same fixed part and cantilever, and the measurement error by the difference of both temperature coefficient of linear expansion becomes it is few and possible [also doing a junction activity simply], and moreover, since the joint is made vertical, it can raise the rigidity of the fixed end.

[0016] In invention according to claim 2, since the fixed end is formed in a vertical end face by

performing crystallographic-axis anisotropic etching for Si of {110} sides, the fixed-end cross section can serve as a straight line, can specify the fixed position of a cantilever clearly, and, moreover, can raise the rigidity of the fixed end.

[0017] Since it is etching in invention according to claim 3 after the base has made the height of a pyramid mold <310> shaft orientations at parallel, The height formed by this becomes possible [making it the configuration which had a fixed profile in the pyramid-like usual state], moreover, since the field of the opposite hand of the height is not dented, the laser beams for beam oscillating detection are not scattered about according to the depression, and it becomes easy [the adjustment at the time of measurement] dramatically [it].

[0018]

[Example] The first example of invention according to claim 3 is explained based on drawing 1 - drawing 4 . This example is related with the stylus for configuration measurement equipped with the fixed part 28 and the cantilever 29 by which the end was supported by fixed-end 28a of this fixed part 28, as shown in drawing 1 .

[0019] In this case, said cantilever 29 is formed with the single crystal n mold Si, that field bearing is {100} sides and alignment of that side is carried out to <310> shaft orientations. Moreover, it turns at the head of the cantilever 29 caudad, and the pyramid-like height 30 is formed. Alignment of the base of this height 30 is carried out to <310> shaft orientations. Furthermore, the fixed part 28 is formed of single crystal P type Si, and the inclined plane with $\theta = 46^\circ$ angle of sweepback is formed in fixed-end 28a. The platinum film 31 as light reflex film for a light reflex (Pt) is formed in the field in which the height 30 is formed, and the field of an opposite hand further again.

[0020] Here, how to form the pyramid-like height 30 is explained to a cantilever 29 based on drawing 2 and drawing 3 . On the Si substrate 32 of {100} side bearing as shown in drawing 2 (b), the pattern of the masking film 33 of the square which carried out alignment to <310> shaft orientations as shown in drawing 2 (a) is formed. Thus, in the condition of having arranged the masking film 33, the height 30 of the shape of a pyramid as shown in drawing 3 (a) and (b) can be formed by performing crystallographic-axis anisotropic etching. This height 30 is making the rectangular-head drill configuration of having Base b in the direction parallel to <310> shaft orientations. Thus, etching progresses in the condition [four angles a of Base b not retreating but having maintained the perfect right angle], and an exact pyramid configuration without angle collapse can be completed. Therefore, the height 30 produced in this way Since projection 22a is not produced as a replica of a hole 21 like the second conventional example (refer to drawing 12) mentioned above, In order not to say that the field of the opposite hand of the height 30 is not dented, but laser beams are scattered about in a depression like the second conventional example by this, The adjustment at the time of configuration measurement will become very easy, and it can be in the condition [having also held the advantage of the conventional technique which was mentioned above in this case moreover].

[0021] Next, the production process of this example is explained based on drawing 4 . First, the substrate of P type Si₃₄ is prepared (a). In this case, thickness is 300 micrometers and that [its] to which it presupposed that that resistance is at least as inside resistance (1-50-ohmcm), and mirror polishing of both sides was carried out is good. Next, the impurity of the n mold Si 35 is doped on one side of the P type Si₃₄ (b). It supposes that the diffusion depth is as about about 1 micrometer, and the resistance is set to 1-50-ohmcm. Next, the maximum front face is oxidized thermally and about 1 micrometer of thermal oxidation film 36 (SiO₂) is formed in both sides (c). Next, anisotropic etching of a FOTORISO etching Si crystallographic axis is performed for the thermal oxidation film 36 by the side of the n mold Si 35, and a part is removed (d). In this case, that etching depth determines the configuration of a beam. Then, anisotropic etching is performed until it attaches and escapes from the diffusion layer of the n mold Si 35. Next, the masking film 33 (SiO₂) for forming a pyramid-like projection is formed by FOTORISO etching, and some thermal oxidation film 36 by the side of the rear face is removed to this and coincidence (e). The removed boundary part will determine the location of the fixed end. Next, electrochemistry etching is performed by using as a masking film the pattern of the thermal oxidation film 36 formed in the opposite hand in the field side in which the masking film

33 was formed after applying the protection wax 37 (f). Next, platinum 31 is vapor-deposited in order to protect P type Si34 from anisotropic etching (g). Next, Si crystallographic-axis anisotropic etching is performed from the side by which the masking film 33 has been arranged (h). Since alignment of the masking film 33 is carried out to $\langle 310 \rangle$ shaft orientations at this time, the pyramid-like height 30 is formed. Therefore, a fixed part 28, the cantilever 29 fixed to the fixed-end 28a, and a height 30 are producible by this, as the height 30 was mentioned above (refer to drawing 3), the angle α of the base b does not collapse, but configuration-less ***** of the fixed form is always carried out.

[0022] Next, the second example of invention according to claim 3 is explained based on drawing 5. Although four angles α of the base b of the height 30 formed from this are finished at a right angle in the first example mentioned above in order to arrange the masking film 33 which carried out alignment to $\langle 310 \rangle$ shaft orientations and to perform anisotropic etching on the cantilever 29 of {100} sides, substrate etching under the masking film 33 (the so-called undercut) progresses. The dimension of a beam stops for this reason, finishing with a sufficient precision. In order to prevent this, in this example, the field of the base b in which the side of a cantilever 29 is formed in $\langle 110 \rangle$ shaft orientations, and a height 30 is formed is formed in $\langle 310 \rangle$ shaft orientations, and it enables this to keep the dimension of a beam good [precision].

[0023] Next, claim 1 and one example of invention of two publications are explained based on drawing 6 - drawing 8. Here, a fixed part 38 is formed with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and the fixed-end 38a is formed in a vertical end face by performing anisotropic etching of the fixed part 38. Moreover, the cantilever 39 which consists of an n mold Si of {100} side bearing is connected to fixed-end 38a, and the height 40 which consists of refractory metals, such as molybdenum (Mo), is formed at the head of the beam.

[0024] Then, the production process of this example is explained based on drawing 7 and drawing 8. Since it is the same as drawing 7 (a) drawing 4 [of the first example mentioned above / production process] (a) - (c), - (c) omits the explanation. Then, the pattern of the thermal oxidation film 36 which determines a cantilever 39 and the head configuration of a height 40 is formed (d). Next, anisotropic etching of Si crystallographic axis is performed to the field of lower layer P type Si34 (e). Next, after removing the thermal oxidation film 36, vacuum evaporation of Mo41 and pattern NINGU are performed (f).

[0025] Next, in drawing 8, the Si substrate 42 of {110} side bearing is prepared, this front face is oxidized thermally, and the thermal oxidation film (SiO2) 43 of a stripe pattern parallel to $\langle 112 \rangle$ shafts is formed (a). Next, Si crystallographic-axis anisotropic etching is performed (b). In this case, the cross section 44 etched vertically is formed due to bearing of a crystallographic axis. Next, the thermal oxidation film 43 is removed (c).

[0026] Next, in drawing 7, Si-Si junction is performed for the member of drawing 7 (f) and drawing 8 (c) in piles (g). In this case, the lamination after carrying out hydrophilic processing for the front face (finishing [mirror polishing]) of both members, and 1000 degrees — C and N2 It anneals and joins in inside. Next, the protection wax 45 is applied to a front face, electrochemistry etching is performed from a rear-face side, P type Si34 is etched, and it leaves the n mold Si 35 equivalent to a beam part (h). Next, fixed-end 38a as shown in drawing 6 can produce the stylus etched vertically by removing the protection wax 45 (i). Therefore, since fixed-end 38a is formed in a vertical cross section by anisotropic etching as mentioned above, the fixed-end 38a becomes a straight line, and, thereby, the fixed position of a cantilever 39 can specify clearly. And since the ingredient of a cantilever 39 and a fixed part 38 is produced with the ingredient of the same Si in this case, the measurement error by the difference of temperature coefficient of linear expansion can be made small as much as possible, it becomes still more unnecessary electrical-potential-difference impressing at the time of junction, and a junction activity can be done easily. In addition, if not dipped in the etchant of electrochemistry etching in high-melting to everything but Mo as an ingredient of a height 40, it is good anything.

[0027]

[Effect of the Invention] In the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed when invention according to claim 1 etched a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si

substrate Since said fixed part was formed with the single crystal Si substrate of {110} side bearing, and it formed so that said fixed part end face and said cantilever might become vertical by performing crystallographic-axis anisotropic etching of this single crystal Si substrate The fixed part and the cantilever are formed with the same Si ingredient, and since there are few measurement errors by the difference of both temperature coefficient of linear expansion, they can also do a junction activity easily and are moreover made vertical [a joint], they can raise the rigidity of the fixed end.

[0028] In the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed when invention according to claim 2 etched a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate Since said fixed part was formed with the single crystal Si substrate of {110} side bearing and said fixed end connected with said cantilever by performing anisotropic etching of said fixed part was formed in the vertical end face The fixed-end cross section can serve as a straight line, can specify the fixed position of a cantilever clearly, and, moreover, can raise the rigidity of the fixed end.

[0029] In the stylus for configuration measurement which consists of a fixed part formed when invention according to claim 3 etched a single crystal Si substrate, and a cantilever by which the end was supported by said fixed part by etching said single crystal Si substrate Said cantilever is formed with the single crystal Si substrate of {100} side bearing. The height which has a rectangular-head drill configuration in the parallel direction is formed with the aforementioned $\langle 310 \rangle$ shaft orientations on the field of the cantilever by performing crystallographic-axis anisotropic etching in the condition of having arranged the masking film pattern of the square by which alignment was carried out to the whole surface of said cantilever at $\langle 310 \rangle$ shaft orientations. Since the light reflex film was formed in the field of the opposite hand of said cantilever in which this height was formed Thus, since the height formed becomes possible [making it the configuration which had a fixed profile in the pyramid-like usual state] and the field of the opposite hand of the height moreover is not dented, The laser beams for beam oscillating detection are not scattered about according to the depression, and adjustment at the time of measurement can be made very easy.

[Translation done.]

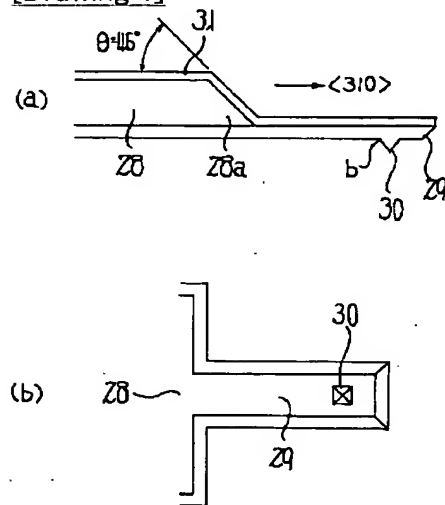
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

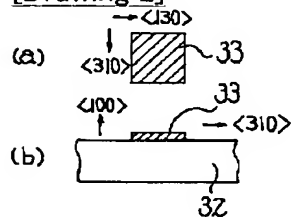
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

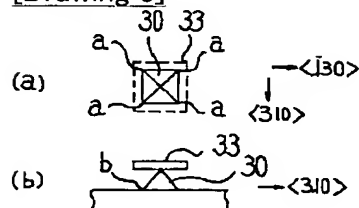
[Drawing 1]



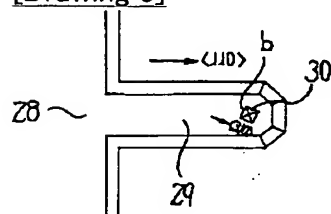
[Drawing 2]



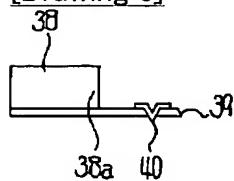
[Drawing 3]



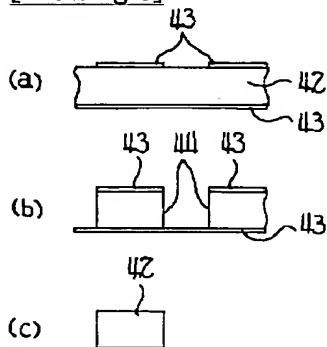
[Drawing 5]



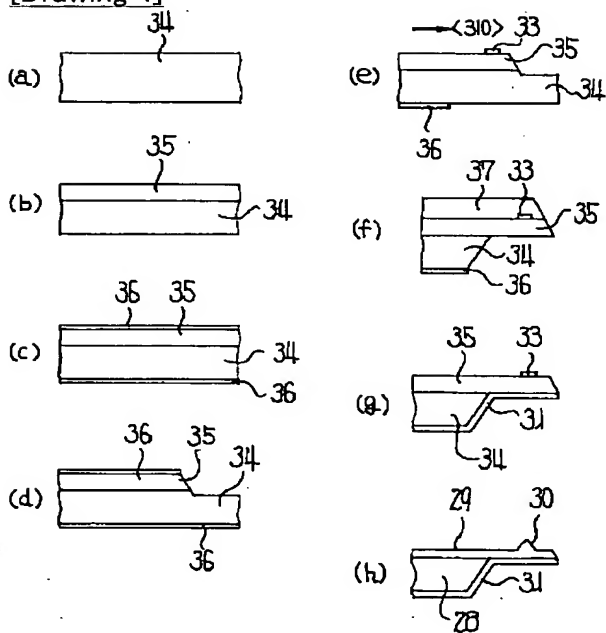
[Drawing 6]



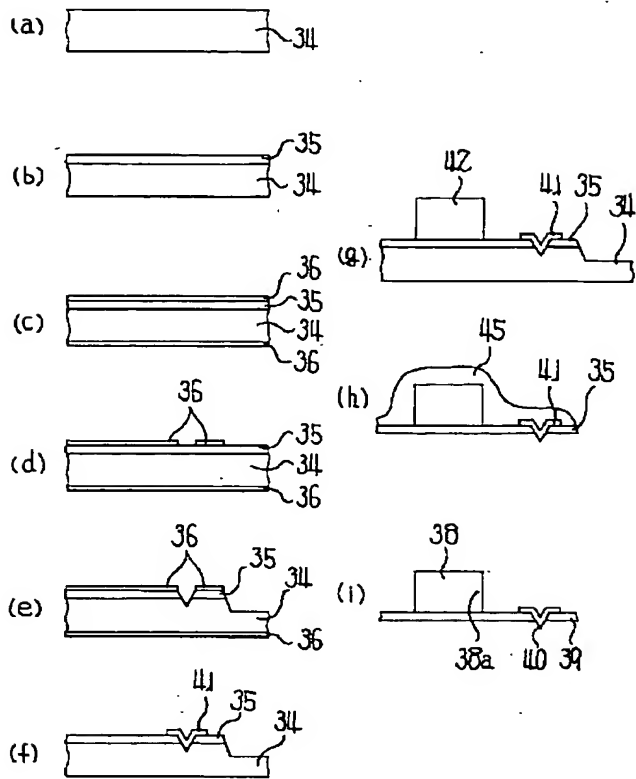
[Drawing 8]



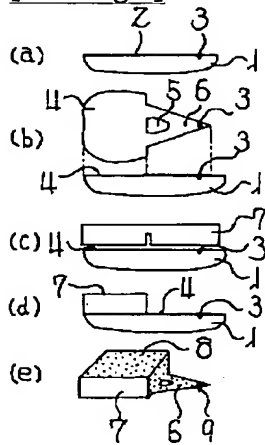
[Drawing 4]



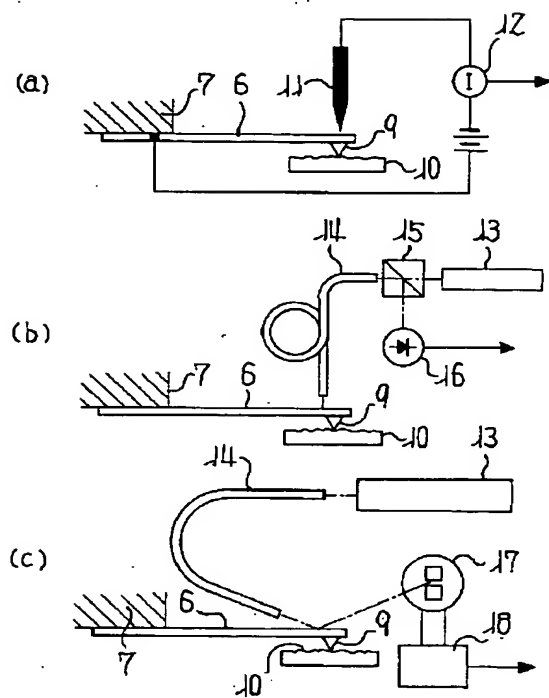
[Drawing 7]



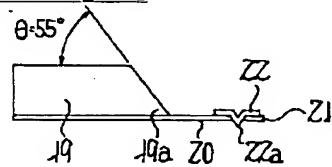
[Drawing 9]



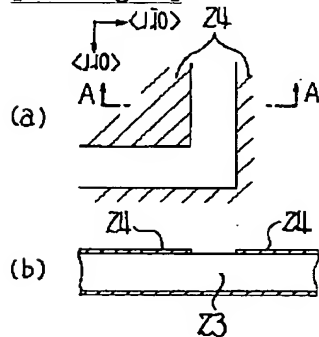
[Drawing 10]



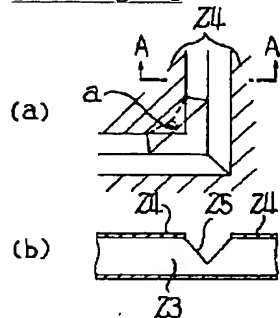
[Drawing 11]



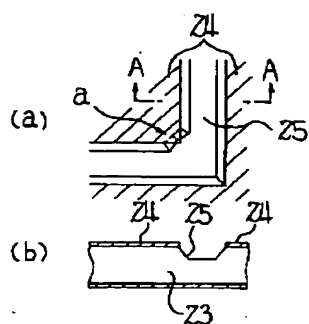
[Drawing 12]



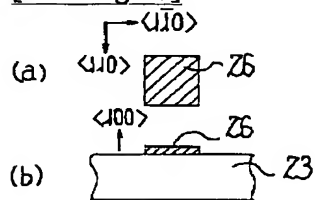
[Drawing 14]



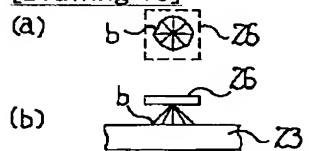
[Drawing 13]



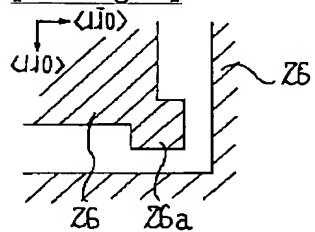
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Translation done.]